

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Научная статья

УДК 536.521:53.089.6

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-3-32-40>



Способ определения показателя визирования: разработка и внедрение эффективной методики

Р. А. Горбунов¹  , Ю. А. Сильд² 

¹ Калужский филиал ФБУ «Приокский ЦСМ», г. Калуга, Россия

 goruss@yandex.ru

² ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии

им. Д. И. Менделеева», г. Санкт-Петербург, Россия

 y.a.sild@vniim.ru

Аннотация: Показатель визирования – один из основных технических параметров, характеризующих оптическую систему пирометра. Значение показателя визирования позволяет пользователям оценить применимость пирометра для измерений температуры объектов.

Массовое применение в различных областях науки и промышленности средств измерений неконтактной термометрии, а именно пирометров или радиационных термометров, в последнее время обусловлено не только расширением диапазона измеряемых температур, снижением погрешности измерений, повторяемости результатов и развитием сервисных возможностей, но и разнообразием оптических систем средств измерений. Оптические системы современных пирометров позволяют формировать область, в которой проводятся измерения температуры как для микрообъектов, так и для объектов со значительными пространственными характеристиками.

Однако на практике заявленные производителем пирометров данные в большинстве случаев носят информационный характер, что приводит к возрастанию погрешности измерений температуры. В соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» контроль показателя визирования обычно осуществляется при испытаниях в целях утверждения типа средств измерений и рамках оказания услуг по поверке пирометров в соответствии с пунктами утвержденных методик поверки. Проведенное авторами исследование выявило тенденцию по исключению пункта проверки показателя визирования из новых утвержденных методик поверок пирометров.

В статье проанализирована существующая практика подтверждения показателя визирования и предложен способ автоматизации проверки и контроля показателя визирования.

Предполагается, что достигнутые результаты и реализованные технические решения позволят ввести установку по определению показателя визирования в состав вновь разрабатываемых разрядных рабочих эталонов температуры.

Ключевые слова: пирометр, показатель визирования, излучатели АЧТ, диафрагма, погрешность, испытания

Принятые сокращения: АЧТ – абсолютно черное тело; МО – метрологическое обеспечение; ОЕИ – обеспечение единства измерений; СИ – средства измерений, УТСИ – утверждение типа средств измерений.

Для цитирования: Горбунов Р. А., Сильд Ю. А. Способ определения показателя визирования: разработка и внедрение эффективной методики // Эталоны. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 3. С. 32–40. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-3-32-40>.

Статья поступила в редакцию 15.04.2026; одобрена после рецензирования 29.05.2026; принята к публикации 25.09.2026.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Research Article

A Method for Determining the Sighting Parameter: Development and Implementation of an Effective Procedure

Ruslan A. Gorbunov¹  , Yurii A. Sild² 

¹ Kaluga Branch of FBI «Prioksky CSM», Kaluga, Russia
 goruss@yandex.ru

² D. I. Mendeleyev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia
 y.a.sild@vniim.ru

Abstract: One of the main technical parameters characterizing the optical system of a pyrometer is the sighting parameter. The value of this parameter enables users to assess the applicability of a pyrometer for solving temperature measurement tasks.

The widespread use of non-contact thermometry measuring instruments, namely pyrometers or radiation thermometers, in various fields of science and industry has recently been driven not only by the expansion of the measured temperature range, reduction of measurement error, repeatability of results and development of service capabilities, but also by the diversity of optical systems of measuring instruments. The optical systems of modern pyrometers make it possible to form a measurement area for both micro-objects and objects with significant spatial characteristics.

The sighting parameter is one of the main technical parameters characterizing the optical system of a pyrometer. The value of the sighting parameter allows users to assess the applicability of a pyrometer for solving temperature measurement tasks. However, in practice, the data declared by pyrometer manufacturers in most cases are of an informational nature, which leads to an increase in temperature measurement error.

In accordance with the requirements of the Federal Law of the Russian Federation «On Ensuring the Uniformity of Measurements», the verification of this characteristic is usually carried out during type approval testing of measuring instruments and within the framework of pyrometer verification services in accordance with the provisions of approved verification procedures. A trend has been identified towards the exclusion of the sighting parameter check from newly approved pyrometer calibration procedures.

The article analyzes the current practice of confirming the sighting parameter and proposes a method for automating the verification and control of the sighting parameter. It is assumed that the obtained results and implemented technical solutions will allow the installation for determining the sighting parameter to be included in the newly developed reference working standards of temperature.

Keywords: pyrometer, sighting parameter, blackbody radiators, aperture, error, testing

Abbreviations used: ABB – absolute blackbody, MS – metrological support, EUM – ensuring uniformity of measurements, MI – measurement instrument.

For citation: Gorbunov RA, Sild YuA. A method for determining the sighting parameter: development and implementation of an effective procedure. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(3):32–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-3-32-40>.

The article was submitted 15.04.2026; approved after reviewing 29.05.2026; accepted for publication 25.09.2026.

Введение

В области неконтактной термометрии, обеспечение единства измерений осуществляется в соответствии с требованиями норм Федерального закона № 102-ФЗ и обеспечивается государственной системой, включающей в себя документы, регламентирующие общие правила и нормы в метрологии, технические средства, обеспечивающие воспроизведение и передачу единицы температуры, а также структуру, обеспечивающую функции по оказанию услуг.

Цель настоящей публикации – проанализировать существующую практику подтверждения показателя визирования, выявить и описать тенденцию по исключению пункта проверки показателя визирования из новых утвержденных методик поверок пирометров, предложить способ автоматизации проверки и контроля показателя визирования.

Материалы и методы

Нормативное состояние

В Российской Федерации выстроена система метрологического обеспечения средств измерений (СИ) в области неконтактной термометрии. Своевременно проведено совершенствование государственных первичных эталонов, реализующих единицу кельвина в соответствии с ее новым определением¹. Введены новые вторичные и разрядные рабочие эталоны единицы температуры, в основной состав которых входят различные излучатели абсолютно черного тела и (или) излучатели высокотемпературных реперных точек на основе чистых металлов и эвтектических сплавов металл-углерод,

реализующие в соответствии с рекомендациями консультативного комитета по термометрии Международного комитета мер и весов новое определение единицы² [1–5, а также³].

Государственная поверочная схема для средств измерений температуры⁴ устанавливает порядок передачи единицы температуры от государственного первичного эталона средствам измерений. Существующие методы и средства метрологического обеспечения (МО) температуры СИ неконтактной термометрии удовлетворяют необходимым требованиям по диапазону температуры и погрешностям. Постоянно реализуются мероприятия по совершенствованию системы обеспечения единства измерений (ОЕИ)⁵.

² Mise en pratique for the definition of the kelvin in the SI. Available at: <https://www.bipm.org/documents/20126/41489682/SI-App2-kelvin.pdf> [Accessed 12 August 2026].

SI Brochure: The International System of Units (SI) / Appendix 2 – Practical realizations of the definitions of some important units. Available at: <https://www.bipm.org/en/publications/mises-en-pratique> [Accessed 12 August 2026].

The Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). Available at: <https://www.bipm.org/en/> [Accessed 12 August 2026].

³ Фрунзе А. В. Рекомендации от директора. Позвольте посоветовать. Режим доступа: <https://pyrometer.ru/blog.html> (дата обращения: 12.08.2026).

⁴ Об утверждении Государственного первичного эталона единицы температуры – кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К и Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры : Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 января 2026 года № 147.

⁵ О внесении изменений в положение об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений : Постановление правительства РФ от 21 октября 2019 г. № 1355.

¹ Об утверждении Государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °C : Приказ Росстандарта от 23 декабря 2020 г. № 2198.

Приборная база

Современные пирометры позволяют обеспечить измерение температуры от -50 до $+3\,000$ °C с погрешностью $\pm (0,5-30)$ °C и многими функциональными и эргономичными характеристиками⁶. На сегодняшний день раздел «Утвержденные типы средств измерений» Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ) содержит 218 записей пирометров утвержденного типа. За последние три года в перечне операций поверки средств измерений ФИФ ОЕИ только в двух утвержденных методиках поверки присутствует пункт «Определение показателя визирования»; в таблице «Средства поверки» указано необходимое оборудование (Регистрационный номер 97842–26 и Регистрационный номер 92892–24); в оставшихся утвержденных методиках поверки такие операции отсутствуют.

ГОСТ 28243–96⁷ устанавливает, что показатель визирования – это «отношение минимального диаметра круга в плоскости излучателя, перпендикулярной к оптической оси пирометра, к расстоянию от него до переднего среза объектива». Это значит, что указанная характеристика позволяет определить на каком расстоянии пирометр может измерить температуру объекта и диаметр визируемой площади в пределах своей погрешности измерения. Таким образом, пользователю пирометра значение показателя визирования позволяет оценить его применимость для измерения температуры конкретного объекта. Разработчики и производители пирометров приводят значение показателя визирования или характеризующую его диаграмму, также часто называемую диаграммой поля зрения пирометра. Часто производители пирометров приводят указанную характеристику ориентировочно, что вводит в заблуждение потребителей и при измерениях приводит к компрометации неконтактного метода измерения температуры.

⁶ Об утверждении Государственного первичного эталона единицы температуры – кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К и Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры : Приказ... от 29 января 2026 года № 147.

⁷ ГОСТ 28243–96 Пирометры. Общие технические требования.

Контроль рассматриваемой характеристики обычно осуществляется при испытаниях в целях утверждения типа СИ и рамках оказания услуг по первичной поверке пирометров в соответствии с пунктами утвержденных методик поверки. Проверка показателя визирования активно исчезает из утвержденных методик поверок.

Определение показателя визирования (регламентировано Постановлением⁸ и Положением⁹) производится с помощью установки по контролю показателя визирования, в том числе входящей в состав разрядных эталонов единицы температуры.

В состав установок входят источники излучения (излучатели, температурные лампы с линзой), различные типы конструкций диафрагм фиксированного значения и переменного диаметра, называемого часто «ирисовой диафрагмой». Указанные установки не являются серийными: они разработаны предприятиями, аккредитованными на право оказания услуг по МО пирометрии. Такие установки часто являются узкоспециализированными устройствами для определения конкретного значения характеристики. Произведенные в основной массе во времена СССР, типовые эталонные установки в большинстве случаев предназначены для контроля метрологических характеристик, включая показатель визирования, конкретного типа серийно изготавливаемых пирометров. Следует отметить, что применение ранее разработанных установок требует больших трудозатрат, в том числе из-за отсутствия автоматизации процессов измерения.

Немногочисленные на российском рынке метрологического оборудования предложения, например набор «Тепловой тест-объект с холодной маской»¹⁰, также не предусматривают автоматизации.

⁸ Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений: Постановление Правительства РФ от 23 сентября 2010 года № 734.

⁹ Положение «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений ПР 108-2010 : утв. постановлением Правительства РФ от 23 сентября 2010 г. № 734.

¹⁰ ООО «НПЛ „Метропир“». Режим доступа: <https://metropir.ru/teplovoj-test-obekt-s-xolodnoj-maskoj.html> (дата обращения: 12.08.2026).

Анализ методов и средств определения показателя визирования

Показатель визирования пирометра зависит от особенностей конструкции оптической системы СИ и в основном определяется диаметром полевой диафрагмы, расположенной в фокусе объектива пирометра, и самого фокусного расстояния. Разнообразие применяемых в оптических системах пирометров объективов, от простейших, в основе которых применен стеноп, до сложных, многокомпонентных линзовых объективов, позволяет реализовать широкий ряд значений показателя визирования.

Ниже представим классификацию пирометров по направленности коэффициента показателя визирования [6].

Широконаправленные. Значение «показатель коэффициента» в пределах от 1/2 до 1/15. Таким образом, на расстоянии 1 м от пирометра диаметр измеряемой площади составит от 50 см до 7 см. Пирометры с указанными характеристиками обычно применяются там, где возможно измерение вблизи от объекта, расположенного на небольшом расстоянии. Кроме того, обычно это пирометры с диапазоном температуры от -20 до $+400$ °С.

Средненаправленные. Показатель визирования лежит в пределах от 1/20 до 1/150. Диаметр пятна визирования на расстоянии 1 м составит от 50 мм до 7 мм. Таким показателем визирования обладает большинство среднетемпературных пирометров с диапазоном температуры от -50 до $+1\,000$ °С.

Узконаправленные. Значения находятся в пределах от 1/200 до 1/1000. На расстоянии 1 м дает размер пятна диаметром от 5 мм до 1 мм. Основными задачами таких СИ являются измерения высоких температур в диапазоне от $+300$ до $+3000$ °С.

Обычно для удобства пользования пирометром производители приводят диаграммы, схематично изображающие изменение значения измеряемого диаметра объекта от расстояния. Ниже приведем примеры распространенных диаграмм для пирометра «Термоскоп-100»¹¹ (рис. 1).

В зависимости от варианта реализации

¹¹ ООО «Инфратест». Режим доступа: <https://www.infratest.ru/pirometry/ruchnyye-pirometry/termoskop-100> (дата обращения: 12.08.2026).

оптической схемы СИ и ее юстировки диаграммы могут сильно различаться, при этом показатель визирования приводится в фокусе (в месте «перетяжки») или на бесконечности [7–9].

С их помощью пользователь может определить ориентированное значение характеристики и оценить возможность применения в своих целях. Однако несоответствие этих данных реальным значениям показателя визирования СИ может привести к увеличению погрешности измерения реального объекта.

Ошибка в диаграмме показателя визирования может быть вызвана, в том числе, некорректным определением диаметра пятна визирования. Причина такого явления заключается в том, что распределение энергии в пятне контроля имеет вид колоколообразной формы, а в случае неравномерности температурного поля включается дополнительная погрешность при интегрировании распределения энергии в поле зрения пирометра.

Контроль технической характеристики «показатель визирования» обычно осуществляется при оказании услуг в ОЕИ (испытания УТСИ, поверка, в основном первичная, редко калибровка или аттестация) или по техническому заданию владельца СИ.

Для этого применяются различные методики и средства их реализации. Практически во всех методиках используются установки, состоящие из источников излучения, диафрагм разных типов, систем позиционирования и размещения СИ. Методики отличаются не только используемыми техническими средствами их реализации, но и фактической оценкой или критериями оценки показателя визирования [9].

Для этого применяются различные методики и средства их реализации. Практически во всех методиках используются установки, состоящие из источников излучения, диафрагм разных типов, систем позиционирования и размещения СИ. Методики отличаются не только используемыми техническими средствами их реализации, но и фактической оценкой или критериями оценки показателя визирования [9].

Наиболее распространена методика определения показателя визирования, которая предусматривает использование протяженного излучателя (плоского или поверхностного излучателя) и диафрагмы переменного диаметра,

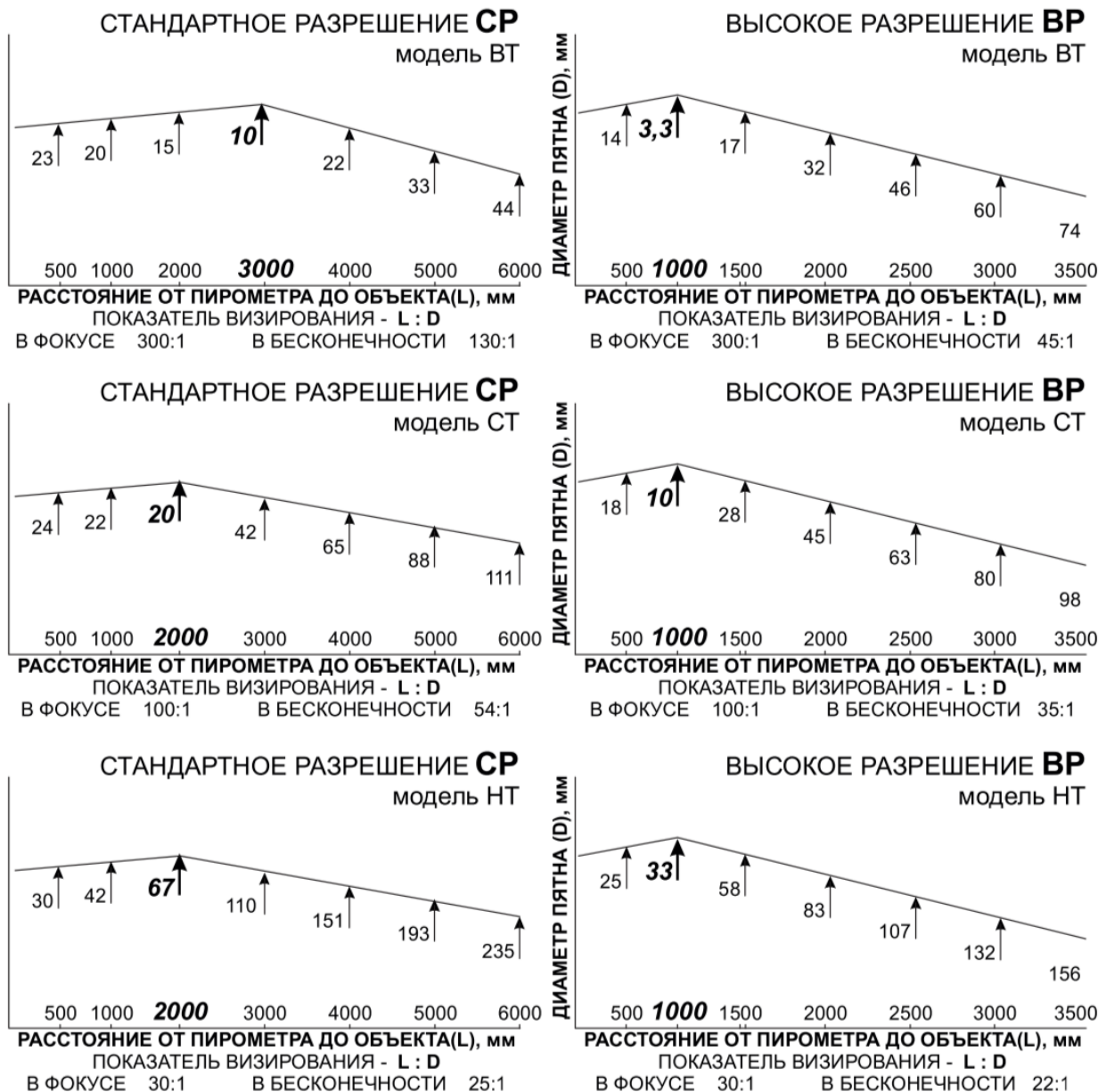


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 1. Примеры распространенных диаграмм показателя визирования

Fig. 1. Examples of common sighting parameter diagrams

которая соосно расположена перед ним. В соответствии с требованиями МИ 1200–86¹², излучательная способность источника должна быть не менее 0,7, диафрагмы – менее 0,1. Иногда диафрагма дополнительно захлаживается.

¹² МИ 1200-86. Методические указания. ГСИ. Преобразователи первичные пирометрические полного и частичного излучения. Методика поверки

Граничные значения внутренних и внешних диаметров диафрагмы определяются по соотношениям¹³ и зависят от рабочего расстояния пирометра и заявленного производителем СИ показателя визирования.

¹³ Там же.

В соответствии с методическими указаниями поверяемый пирометр должен быть установлен на рабочем расстоянии и отъюстирован по центру отверстия в нем. После стабилизации температуры излучателя на заданном режиме регистрируются показания пирометра при установленных диаметрах диафрагмы.

При соответствии показателя визирования заявленным номинальным значениям зарегистрированное пирометром значение разности показаний не превышает предела основной допускаемой погрешности пирометра.

В других методиках фактически применяются аналогичное оборудование [9]. Соответственно, при достижении заданного теплового режима снимаются показания пирометра при полностью раскрытой диафрагме, после чего диаметр раскрытия уменьшают до значений $\approx 90\%$ от исходных показаний. Фиксируется значение данного диаметра и определяется значение показателя визирования по следующему соотношению полученного диаметра и расстояния.

Существует также вариация контроля характеристики, где в качестве порогового значения выступает размер диафрагмы, при котором значения показаний пирометра соответствуют разнице значений показаний при полностью открытой диафрагме и предела основной допускаемой погрешности.

На предприятиях, выпускающих СИ неконтактной термометрии, применяются установки, в конструкцию которых входят несколько диафрагм как фиксированного, так и переменного диаметра, позволяющих контролировать соотношение пятна визирования к расстоянию конкретных СИ.

В проекте рекомендаций МЭК/ТС 62942-2¹⁴ отмечены сложности применения установок с ирисовой диафрагмы для определения показателя визирования, вызванные необходимостью ее довольно длительной и трудозатратой юстировки по вертикали и по горизонтали (с обсуждением документа можно

ознакомиться на сайте РосТепло.ру¹⁵). Также в проекте рекомендаций отмечено, что метод проблематичен при массовых проверках разнотипных пирометров. Одной из причин бурного обсуждения рекомендаций МЭК/ТС 62942-2 стал как раз пункт определения показателя визирования, в котором предложенный метод вызвал негативную реакцию у отечественных производителей из-за обязательного применения ирисовой диафрагмы, а также отсутствия возможности использования альтернативных способов определения показателя визирования.

Ранее применяемые установки имеют функциональные ограничения, а также отсутствие автоматизации процессов измерения, а также отсутствие автоматизации процессов измерения, что при массовом применении ведет к существенным трудозатратам.

С учетом приведенных выше аргументов был предложен подход к созданию автоматизированной установки по проверке и определению показателя визирования, снижающий трудозатраты и расширяющий ее применимость для различных типов пирометров [10].

Результаты и обсуждение

Была разработана установка и проведены исследования, результаты которых были подробно изложены в [7, 10].

Экспериментальные исследования на макете установки продемонстрировали воспроизводимость и повторяемость результатов при подтверждении соответствия между заявленным производителем показателем визирования (диаграммой поля зрения) и результатами измерений.

Построение диаграммы поля зрения (определение показателя визирования) на каждом из заданных расстояний было ограничено десятиью в зависимости от сложности заявленной диаграммы. Начиная от исходной диафрагмы, ширина которой была в два раза больше заявленного производителем диаметра поля зрения на выбранном расстоянии, до той, при которой произойдет ослабление сигнала до уровня 95 % от исходного.

¹⁴ IEC/TS 62492-2(2013) Industrial process control devices - Radiation thermometers - Part 2: Determination of the technical data for radiation thermometers. Available at: <https://www.standards.ru/document/5307486.aspx> [Accessed 12 August 2026].

¹⁵ Замечания по применению пирометров. Режим доступа: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=532 (дата обращения: 12.08.2026).

По независящим причинам эксперименты пришлось приостановить и вернуться к исследованиям только в конце 2025 г. В первую очередь, это было связано с доработкой программного обеспечения.

По результатам экспериментальных работ установлено, что каждое измерение занимает до получаса в автоматизированном режиме, что было недостижимо при использовании методик подтверждения с ирисовой диафрагмой или тест-объектов с холодной маской. Использование автоматизации позволяет нивелировать ошибки оператора (испытателя, поверителя).

Стоят отдельного упоминания действующие регламентирующие документы по пирометрии (МИ, ГОСТ): они требуют пересмотра с учетом накопившегося опыта. За последние годы производители, подгоняемые новыми научными и производственными задачами, расширили измеряемый температурный диапазон, чувствительность, стабильность и воспроизводимость, ужесточили требования к погрешности измерений. Показатель визирования относится к инструментальной погрешности.

Заключение

Применение автоматизации при подтверждении технических характеристик позволяет нивелировать человеческий фактор и сократить время прохождения СИ процедур метрологического обеспечения. Для аккредитованных на оказание услуг по УТСИ и поверке применение автоматизированных установок с щелевыми диафрагмами обеспечивает универсальность для всех типов пирометров, что также сокращает трудозатраты производителей на определение показателя визирования. Предложенный метод позволяет не ослаблять контроль над важнейшей технической характеристикой пирометров, которая существенно влияет на результаты применения пирометров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сильд Ю. А. Обеспечение единства измерений в области радиационной термометрии на основе нового определения единицы температуры // Эталоны. Стандартные образцы. 2023. Т. 19, № 4. С. 7–15. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-7-15>
2. Походун А. И. О стратегии развития метрологического обеспечения измерений температуры и теплофизических величин в России // Приборы. 2015. № 8 (182). С. 1–6.
3. Походун А. И. Переопределение кельвина и перспективы совершенствования государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне от 0 до 3000 °С ГЭТ 34–2007 // Измерительная техника. 2017. № 12. С. 32–36.

В дальнейшем предполагается включение разработанной установки в состав рабочего эталона 2-го разряда единицы температуры в диапазоне значений от –35 до +50 °С.

Благодарности: Выражаем искреннюю благодарность д-ру техн. наук А. В. Фрунзе за помощь в подборе и разработке темы, консультациях и предоставлении производственно-технической базы АНО НТП «Термоконт».

Acknowledgments: We express our sincere gratitude to Dr. Sci. (Eng.) A. V. Frunze for his assistance in selecting and developing the topic, for his consultations, and for providing the production and technical facilities of ANO NTP «Thermocont».

Вклад авторов: Все авторы внесли равнозначный вклад в концепцию и дизайн исследования. Все авторы одобрили финальную версию.

Contribution of the authors: All authors contributed equally to the concept and design of the study. All authors have approved the final version of the manuscript.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interest relevant to this manuscript.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

4. State primary standard of temperature unit in the range 0–3200 °C GET 34–2020: Practical implementation of the new definition of kelvin / *A. I. Pokhodun* [et al.] // *Measurement Techniques*. 2021. Vol. 64. P. 541–549. <https://doi.org/10.1007/s11018-021-01970-w>
5. *Походун А. И., Осадчий С. М.* Переопределение кельвина и его последствия в практике измерений температуры // *Законодательная и прикладная метрология*. 2019. № 3 (160). С. 3–7.
6. *Горбунов Р. А.* Уникальный инструмент для контроля качества продукции, проходящей термообработку // *Известия ТулГУ. Технические науки*. 2023. Вып. 12. С. 41–44. <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2023-12-41-42>
7. *Сильд Ю. А.* Метрологическое обеспечение рабочих средств измерений температуры в радиационной термометрии // *Приборы*. 2002. № 3. С. 70–72.
8. Методика измерения поля зрения пирометров и установка для ее реализации / *А. В. Фрунзе* [и др.] // *Законодательная и прикладная метрология*. 2023. Вып. 2 (182). С. 29–34.
9. Оптическая часть пирометра установки для калибровки вольфрам-рениевых термопар / *В. К. Битюков* [и др.] // *Измерительная техника*. 2021. № 1. С. 43–47. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2021-1-43-47>
10. Измерения диаметра кружка поля зрения пирометра методом щелевой диафрагмы / *А. В. Фрунзе* [и др.] // *Измерительная техника*. 2025. № 74 (1). С. 99–103. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2025-1-99-103>

REFERENCES

1. Syld YA. Ensuring measurement uniformity in radiation thermometry based on the new definition of the temperature unit. *Standards. Reference Materials*. 2023;19(4):7–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-7-15>
2. Pokhodun AI. On the strategy for developing metrological support for temperature and thermophysical measurements in Russia. *Pribery*. 2015;8(182):1–6. (In Russ.).
3. Pokhodun AI. Re-definition of the kelvin and prospects for improving the state primary standard of the temperature unit in the range from 0 to 3000 °C, GET 34–2007. *Izmeritel'naya Tekhnika*. 2017;12:32–36. (In Russ.).
4. Pokhodun AI, Fuksov VM, Sild YA, Mazanov MA, Matveev MS, Pokhodun AI et al. State primary standard of the temperature unit in the range 0–3200 °C, GET 34–2020: Practical implementation of the new definition of the kelvin. *Measurement Techniques*. 2021;64:541–549. <https://doi.org/10.1007/s11018-021-01970-w>
5. Pokhodun AI, Osadchiy SM. Re-definition of the kelvin and its implications for temperature measurement practice. *Metrology and Legal and Applied Metrology*. 2019;3(160):3–7. (In Russ.).
6. Gorbunov RA. A unique tool for quality control of products undergoing heat treatment. *News of the Tula State University. Technical Sciences*. 2023;12:41–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2023-12-41-42>
7. Syld YA. Metrological support of working temperature measuring instruments in radiation thermometry. *Pribery*. 2002;3:70–72. (In Russ.).
8. Frunze AV, Gorbunov RA, Lavrenov AI, Bityukov VK. Method for measuring the field of view of pyrometers and an installation for its implementation. *Metrology and Legal and Applied Metrology*. 2023;2(182):29–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2025-1-99-103>
9. Bityukov VK, Gorbunov RA, Simachkov DS, Ulanovsky AA, Frunze AV. The modified optical part of a pyrometer used for calibrating tungsten-rhenium thermocouples. *Izmeritel'naya Tekhnika*. 2021;(1):43–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2021-1-43-47>
10. Frunze AV, Gorbunov RA, Lavrenov AI, Bityukov VK. The measurements of the diameter of the field of view circle of the pyrometer, carried out using a slit diaphragm method. *Izmeritel'naya Tekhnika*. 2025;74(1):99–103. (In Russ.). <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2025-1-99-103>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Горбунов Руслан Александрович – директор Калужского филиала ФБУ «Приокский ЦСМ»
248000, г. Калуга, ул. Тульская, 16а
e-mail: goruss@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0004-9989-4311>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ruslan A. Gorbunov – Director of the Kaluga Branch of FBI «Prioksky CSM»
16a Tulskaia St., Kaluga, 248000, Russia
e-mail: goruss@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0004-9989-4311>

Сильд Юрий Альфредович – руководитель лаборатории эталонов и научных исследований в области инфракрасной радиометрии и прикладной пирометрии, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: y.a.sild@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1480-3264>

Yurii A. Sild – Head of the Laboratory of Standards and Scientific Research in Infrared Radiometry and Applied Pyrometry, D. I. Mendeleyev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: y.a.sild@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1480-3264>